

**NASKAH PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

**PENGEMBANGAN TEKNOLOGI TUNGKU PEMBAKARAN  
MENGUNAKAN *AIR HEATER* YANG DIPASANG  
DIDINDING BELAKANG TUNGKU**



Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata Satu  
Pada Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun Oleh

**Eko Nur Arifin**

**D 200 080 132**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2014**

## HALAMAN PENGESAHAN NASKAH PUBLIKASI

### TUGAS AKHIR

Naskah publikasi yang berjudul “Pengembangan Teknologi Tungku Pembakaran Menggunakan *Air Heater* Yang Dipasang Didinding Belakang Tungku”, telah disetujui oleh Pembimbing dan disahkan Ketua Jurusan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh:

Nama : Eko Nur Arifin

NIM : D. 200 080 132

Disetujui pada

Hari :

Tanggal :

Pembimbing Utama,



Ir. Sartono Putro, MT

Pembimbing Pendamping,



Ir. Subroto, MT

Mengerahui

Ketua Jurusan,



Tri Widodo B R., ST., MSc. Ph.D

# **PENGEMBANGAN TEKNOLOGI TUNGKU PEMBAKARAN DENGAN AIR HEATER YANG DIPASANG DIDINDING BELAKANG TUNGKU**

**Eko Nur Arifin, Sartono Putro, Subroto**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhamadiyah Surakarta  
Jl. Ahmad Yani Tromol Pos I Pebelan, Kartasura  
Email : e.nurarifin@yahoo.com

## **ABSTRAKSI**

*Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan air heater yang dipasang didinding belakang tungku pembakaran, terhadap temperatur tungku pembakaran, temperatur gas cerobong, waktu pendidihan air dan mengetahui nilai efisiensi tungku pembakaran dengan bahan bakar sekam padi.*

*Penelitian dilakukan melalui pengujian kinerja tungku untuk mendidihkan air dengan variasi kecepatan udara air heater 9,5 m/s, 10,5 m/s, dan 11,5 m/s. Parameter yang diukur adalah temperatur pembakaran, temperatur gas cerobong, temperatur gas air heater, dan lama waktu pendidihan.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi kecepatan udara pada air heater sangat berpengaruh pada temperatur tungku pembakaran, temperatur gas cerobong, waktu pendidihan air dan efisiensi tungku. Dimana temperatur tungku tertinggi didapat pada kecepatan udara 10,5 m/s dengan temperatur 599°C, temperatur gas cerobong tertinggi 361 °C pada kecepatan udara 10,5 m/s, waktu pendidihan air tercepat pada kecepatan udara 10,5 m/s dengan waktu 110 menit dan nilai efisiensi tungku pembakaran terbaik adalah 90,01% pada percobaan tungku pembakaran dengan penambahan air heater tanpa sirip dengan kecepatan udara 10,5 m/s.*

**Kata Kunci:** tungku pembakaran, *air heater*, variasi kecepatan udara.

## **PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Pada dasarnya sumber energi yang digunakan sebagai bahan bakar, digolongkan menjadi dua yaitu sumber energi yang dapat diperbaharui dan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui, sampai saat ini masih banyak dipergunakan sebagai bahan bakar, misalnya pada sektor industri, transportasi, dan keperluan rumah tangga. Perlu diketahui bahwa ketersediaan bahan bakar tersebut semakin menipis, sehingga mempunyai nilai ekonomi yang tinggi. Dampak dari kenaikan harga bahan bakar tersebut, sangat dirasakan oleh industri kecil dan rumah tangga.

Untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak bumi yang dialami oleh industri kecil dan rumah tangga, maka dibutuhkan energi alternatif lain yang dapat diperbarui, murah dan terdapat didaerah sekitar. Misalnya serbuk gergaji, sekam padi, kayu bakar dan lain-lain. Bahan bahan tersebut sangat berpotensi sebagai bahan bakar alternatif dikalangan industri kecil dan rumah tangga. F. Nawafi. dkk (2010)....*"Krisis energi ini berdampak pada dunia industri, dimana bahan baku industri khususnya bahan bakar seperti industri tahu"...*

Pemakaian bahan bakar sekam padi, sudah banyak digunakan sebagai bahan bakar dalam industri tahu. Industri tahu untuk memasak kedelai menggunakan uap dengan ketel uap sebagai pemasaknya menggunakan tungku. Namun, model tungku yang digunakan pada industri tahu masih mencontoh tungku model lama dan belum ada pengembangannya. Panas yang dihasilkan tungku tersebut kurang maksimal, karena api tidak terpusat, yang dapat mempengaruhi jumlah uap yang dihasilkan dari ketel.

### **Rumusan Masalah**

Menganalisis pengaruh penggunaan *air heater* yang dipasang didinding belakang pada ruang bakar terhadap kinerja tungku pembakaran

menggunakan 3 variasi kecepatan udara meliputi Temperatur Hasil Pembakaran, Temperatur Gas Buang Waktu Pendidihan Air, Efisiensi Thermal Tungku.

### **Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam pengujian tungku yaitu :

1. Rincian perhitungan rancangan tungku diabaikan.
2. Kondisi temperatur lingkungan dianggap seragam.
3. Menggunakan desain dengan laluan *air heater* yang dipasang didinding belakang pada ruang bakar tungku.
4. Bahan bakar yang digunakan adalah sekam padi.
5. Variasi kecepatan air heater yang digunakan 9,5 m/s, 10,5 m/s, dan 11,5 m/s.

### **Tujuan Penelitian**

Mengetahui sumber energi alternatif sekam padi dan mengetahui kinerja tungku pembakaran dengan penambahan *air heaters* yang dipasang didinding belakang tungku, dengan 3 variasi kecepatan udara meliputi :

1. Temperatur Ruang Pembakaran
2. Temperatur Cerobong
3. Waktu Pendidihan Air
4. Efisiensi Thermal Tungku

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Nawafi. dkk (2010), melakukan penelitian perbandingan tungku pendidihan air dilengkapi dengan *boiler* dan tanpa *boiler*, berbahan bakar sekam padi, dengan variasi massa air 50, 100, dan 150 liter. Hasil pendidihan air 50 liter dengan tambahan *boiler* efisiensinya 22,18 %, sedangkan tanpa *boiler* efisiensinya 20,47 %, 100 liter dengan *boiler*

efisiensinya 19,23%, sedangkan tanpa *boiler*, efisiensinya 17,54 %, 150 liter dengan *boiler* efisiensinya 21,26 %, sedangkan tanpa *boiler*, efisiensinya 21,04%.

Musthofa, Luthfi dkk (2010) melakukan penelitian tungku dilengkapi blower dengan bahan bakar biomassa sampah kering dan sekam padi. Blower divariasikan kecepatannya dengan cara mengatur tegangan yaitu dengan tegangan 12 volt, 9 volt, 7,5 volt dan tanpa *blower*. Hasil dari penelitian menunjukkan efisiensi thermal tungku tertinggi menggunakan *blower* tegangan 7,5 volt.

Wiyana,R.A (2012) melakukan penelitian tungku pembakaran dengan *air heater* pipa parallel dengan variasi kecepatan udara dari kecepatan 13m/s, 15 m/s dan 17 m/s terhadap efisiensi tungku pembakaran. Dengan hasil penelitian diketahui pada kecepatan udara 13 m/s menghasilkan uap air sebesar 2,1 kg dan efisiensi tungku pembakaran sebesar 75,81 %, kecepatan udara 15 m/s menghasilkan uap air 2,5 kg dan efisiensi tungku pembakaran sebesar 73,37 %, dan kecepatan udara 17 m/s menghasilkan uap air sebesar 3,1 kg dan efisiensi tungku pembakaran sebesar 68,76%.

Sumarwan (2013) melakukan penelitian tungku pembakaran dengan *air heater* pipa parallel tanpa sirip dengan variasi kecepatan udara dari kecepatan 9,5 m/s, 10,5 m/s dan 11,5 m/s terhadap efisiensi tungku pembakaran. Hasil penelitian diketahui bahwa kecepatan udara pada air heater berpengaruh pada temperatur tungku pembakaran, temperatur gas cerobong, waktu pendidihan air dan efisiensi tungku. Dimana hasil terbaik untuk air isian 45 kg pada kecepatan udara 9,5 m/s menghasilkan temperatur tungku pembakaran 636°C, temperatur gas cerobong 427°C,nilai efisiensi tungku pembakaran 64,65%, dan waktu pendidihan 100 menit.

## Prinsip pembakaran

Pembakaran merupakan oksidasi cepat dari bahan bakar dengan oksigen yang disertai dengan produksi panas. Untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna, diperlukan jumlah oksigen yang cukup. Oksigen (O<sub>2</sub>) terdapat pada udara dengan volume/berat 21% dari udara. Bahan bakar padat atau cair harus diubah ke bentuk gas sebelum dibakar. Biasanya diperlukan panas untuk mengubah cairan atau padatan menjadi gas. Bahan bakar gas akan terbakar pada keadaan normal jika terdapat udara yang cukup. Hampir 79 % udara merupakan nitrogen. Hasil pembakaran yang utama adalah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), uap air (H<sub>2</sub>O), dan nitrogen (N<sub>2</sub>). Reaksi proses pembakaran adalah :

Bahan bakar + udara → karbon- dioksida + uap air + nitrogen.

## Komposisi Bahan Bakar

Sekam padi merupakan lapisan keras yang meliputi *kariopsis* dan terdiri dari dua belahan yang disebut dengan *lemma* dan *pelea* yang saling bertautan. Pada proses penggilingan gabah akan menghasilkan sekam padi 20% - 30% dari berat gabah. Sekam padi akan terpisah dari butir keras yang akan menjadi bahan sisa atau limbah pertanian. Penggunaan energi sekam padi bertujuan untuk menekan biaya pengeluaran untuk bahan bakar. Ditinjau dari komposisi kimiawi, sekam padi mengandung unsur kimia penting yang dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi Kimiawi Sekam Padi

Komponen	Kandungan (%)
Karbon (C)	1,33
Hidrogen (H)	1,54
Oksigen (O)	33,64
Silika	16,98

Sumber : Rachmat (DTC-ITB) 1991

## Kebutuhan Udara Pembakaran

Dalam proses pembakaran diperlukan udara. Jumlah udara yang diperlukan dapat dihitung dengan menggunakan metode.

### 1. Produk pembakaran

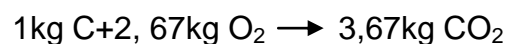
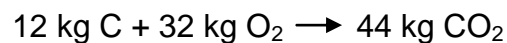
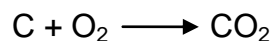
Pembakaran adalah reaksi kimia yang cepat antara bahan bakar dengan oksigen yang disertai dengan timbulnya percikan bunga api dan kalor atau panas. Oksigen yang dibutuhkan untuk proses oksidasi berasal dari udara bebas dengan komposisi oksigen 21% dan nitrogen 79%. Pembakaran berdasarkan gas sisa yang dihasilkan dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

- a. Pembakaran sempurna, yaitu pembakaran dimana semua unsur yang terbakar membentuk gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dan sulfur ( $\text{SO}_2$ ) sehingga tidak ada lagi bahan yang tersisa.
- b. Pembakaran tidak sempurna, yaitu pembakaran yang menghasilkan gas karbon monoksida ( $\text{CO}$ ) dimana salah satu penyebabnya adalah kekurangan jumlah oksigen.

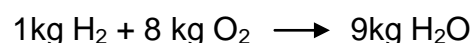
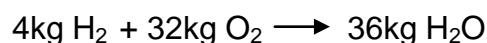
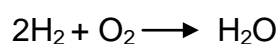
### 2. Reaksi Pembakaran

Reaksi dari unsur-unsur bahan bakar dalam proses pembakaran sempurna adalah :

#### 1. Pembakaran karbon menjadi karbon dioksida

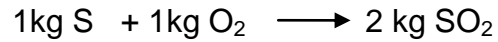
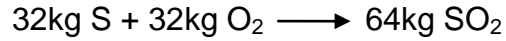
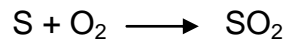


#### 2. Pembakaran hidrogen menjadi uap air





### 3. Pembakaran belerang menjadi belerang dioksida



### Kalor

Kalor didefinisikan sebagai energi panas yang dimiliki oleh suatu zat atau benda. Secara alami kalor berpindah dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah. Besar kecilnya kalor benda tergantung dari tiga faktor, yaitu massa zat, jenis zat, dan perubahan suhu.

Kalor pada pendidihan air dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_1 = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Dimana :

$Q_1$  = Kalor yang dibutuhkan ( kJ )

$m$  = massa benda ( kg )

$c_p$  = kalor jenis air ( 4,186 kJ/kg  $^{\circ}\text{C}$  )

$\Delta T$  = ( $t_2 - t_1$ ) perubahan suhu (  $^{\circ}\text{C}$  )

Kalor pada saat penguapan dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_2 = m_{\text{uap}} \cdot h_{\text{fg}}$$

Dimana :

$Q_2$  = Kalor yang dibutuhkan ( kJ )

$m_{\text{uap}}$  = massa uap yang dihasilkan Drum ( kg )

$h_{\text{fg}}$  = panas penguapan laten (kJ/kg)

$m_{\text{uap}}$  dapat diketahui dari volume air yang berubah menjadi uap pada ketel dengan persamaan sebagai berikut :

$$m_{\text{uap}} = m_a - m_b$$

dimana :

$m_{\text{uap}}$  = massa air berubah menjadi uap (kg)

$m_a$  = massa air awal (kg)

$m_b$  = massa air akhir (kg)

Kalor yang dihasilkan dari proses pembakaran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_f = W_f \cdot (\text{LHV})$$

Keterangan :

$Q_f$  = Kalor yang dihasilkan ( kJ )

$W_f$  = Pemakaian bahan bakar ( kg )

LHV = Nilai kalor terendah ( kJ/kg )

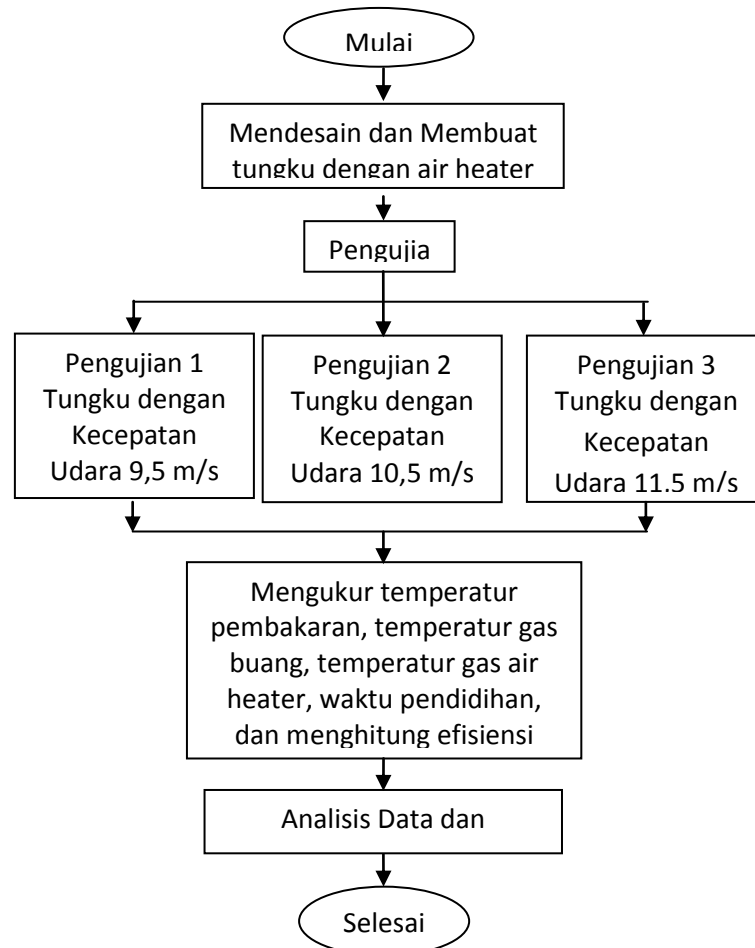
Sehingga efisiensi tungku dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\eta_{\text{th}} = \frac{\text{kalor pendidihan} + \text{kalor penguapan}}{\text{kalor yang dihasilkan bahan bakar}} \cdot 100 \%$$

$$\eta_{\text{th}} = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_f} \cdot 100 \%$$

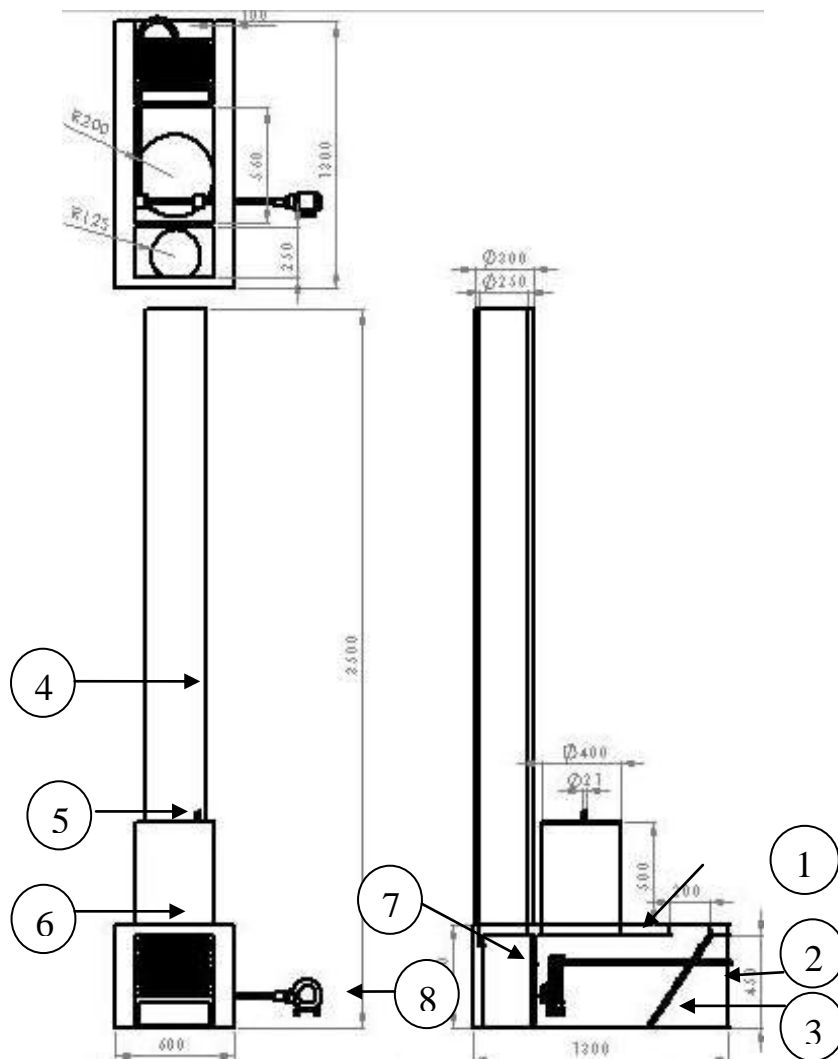
## METODOLOGI PENELITIAN

### Rancangan Penelitian



**Gambar 1. Diagram Alir Penelitian**

## Instalasi Pengujian



**Gambar 2.** Instalasi Tungku pembakaran

Keterangan gambar :

1. Pintu Atas Tungku
2. Pintu depan Tungku
3. Tangga Bahan Bakar
4. Cerobong Asap
5. Saluaran Uap
6. Bejana
7. *Air Heater*
8. *Blower*

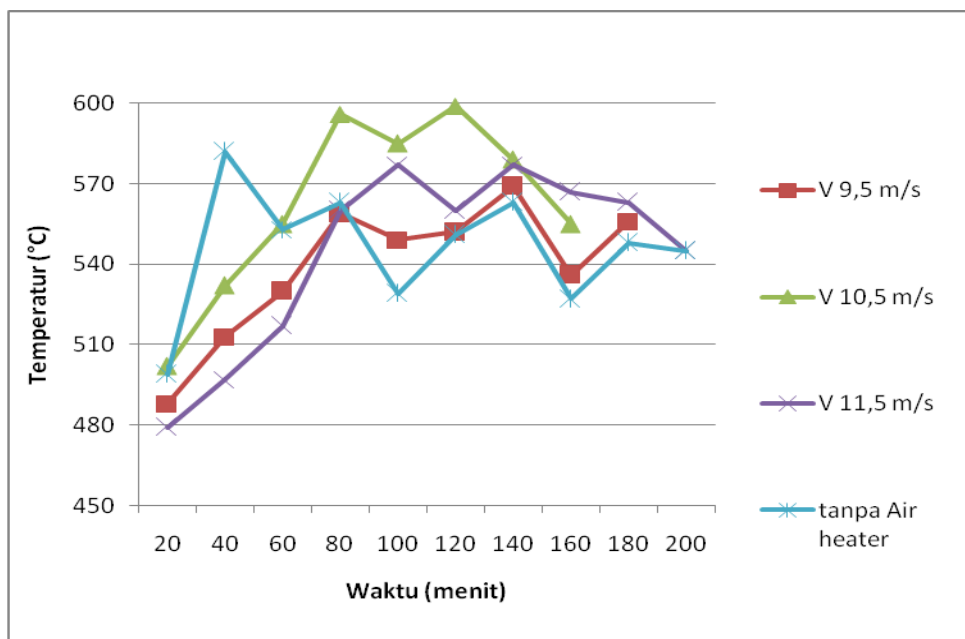
Cara kerja dari tungku tersebut :

Tungku pembakaran bekerja mulai dari proses pembakaran awal dimana bahan bakar (sekam padi) yang telah dimasukan terlebih dahulu melalui pintu masuk atas kemudian sekam padi turun melalui tangga turunan, kemudian dinyakan. Setelah api menyala blower baru dinyalakan dan saat blower mulai dinyalakan pintu depan tungku ditutup supaya udara yang berhembus kedalam ruang bakar hanya dari *air heater*.

Proses pembakaran sekam padi menghasilkan energy kalor yang digunakan untuk menaikkan temperatur air pada bejana sampai air mendidih dan menghasilkan uap panas, dimana uap panas tersebut biasa digunakan untuk proses pengolahan bahan makanan. Asap (gas) sisa pembakaran keluar melalui cerobong sehingga dapat mengurangi polusi udara disekitar proses pembakaran, semakin tinggi cerobong akan semakin meminimalis terjadinya polusi udara.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Temperatur tungku

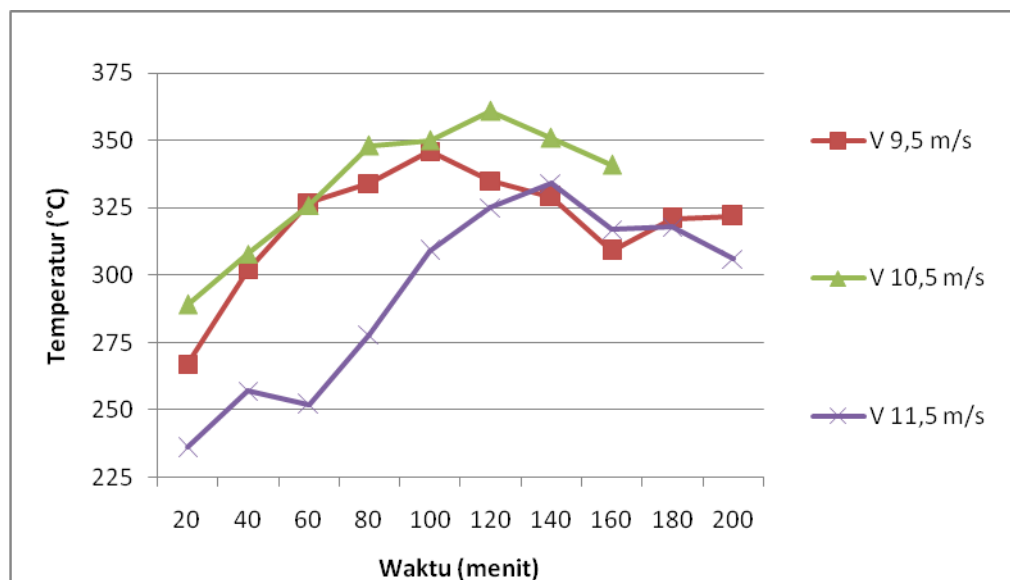


Gambar 4.1. Hubungan temperatur tungku terhadap waktu pembakaran

Dari gambar 4.1 dapat diambil kesimpulan bahwa hubungan antara temperatur tungku terhadap waktu, menunjukkan kenaikan temperatur pada tungku, yang dipengaruhi oleh udara yang masuk dalam ruang bakar sesuai dengan kebutuhan proses pembakaran dan kecepatan udara yang konstan.

Dari hasil pengujian diketahui bahwa temperatur tertinggi pada kecepatan udara 9,5 m/s adalah 569 °C, temperatur tertinggi pada kecepatan udara 10,5 m/s adalah 599 °C, temperatur tertinggi pada kecepatan udara 11,5 m/s adalah 577 °C, dan temperatur tertinggi pada percobaan tanpa *air heater* adalah 582 °C. Jadi temperatur tertinggi pada pengujian ini adalah pada kecepatan 10,5 m/s.

Temperatur gas cerobong



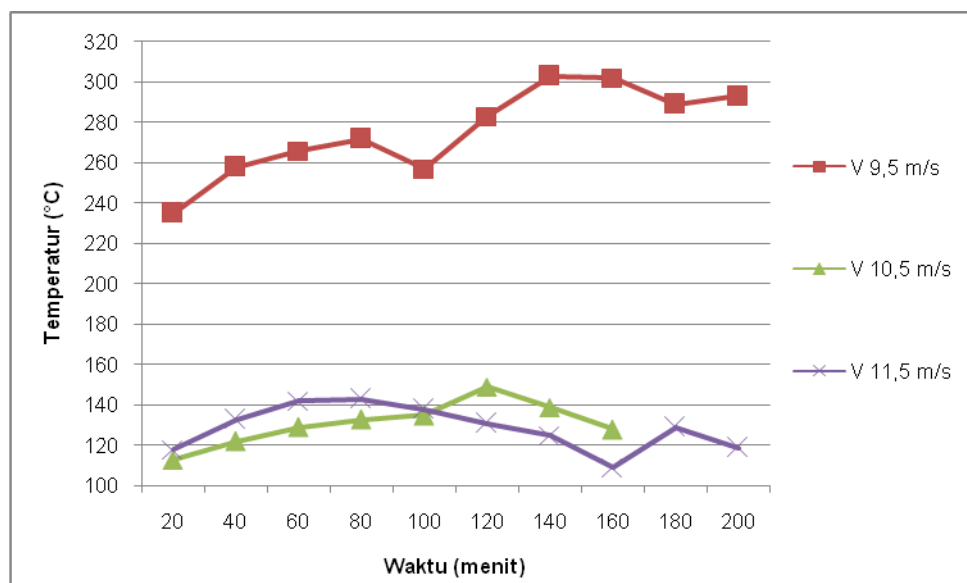
Gambar 4.2. Hubungan temperatur gas cerobong terhadap waktu pembakaran

Dari gambar 4.2 dapat disimpulkan bahwa hubungan temperatur gas cerobong terhadap waktu pembakaran, menunjukkan proses pembakaran dipengaruhi oleh jumlah udara (udara primer dan sekunder) yang masuk ke ruang bakar. Bila kekurangan udara menyebabkan bahan bakar tidak terbakar sempurna yang akan membentuk karbon monoksida (CO) pada

gas buang. Bila udara kelebihan akan menyebabkan panas yang dihasilkan dan efisiensi pembakaran berkurang.

Dari hasil pengujian diketahui bahwa temperatur tertinggi pada kecepatan udara 9,5 m/s adalah 346 °C, temperatur tertinggi pada kecepatan udara 10,5 m/s adalah 361 °C dan temperatur tertinggi pada kecepatan udara 11,5 m/s adalah 334 °C. Jadi temperatur gas cerobong tertinggi pada pengujian ini adalah pada kecepatan 10,5 m/s.

#### Temperatur gas *air heater*



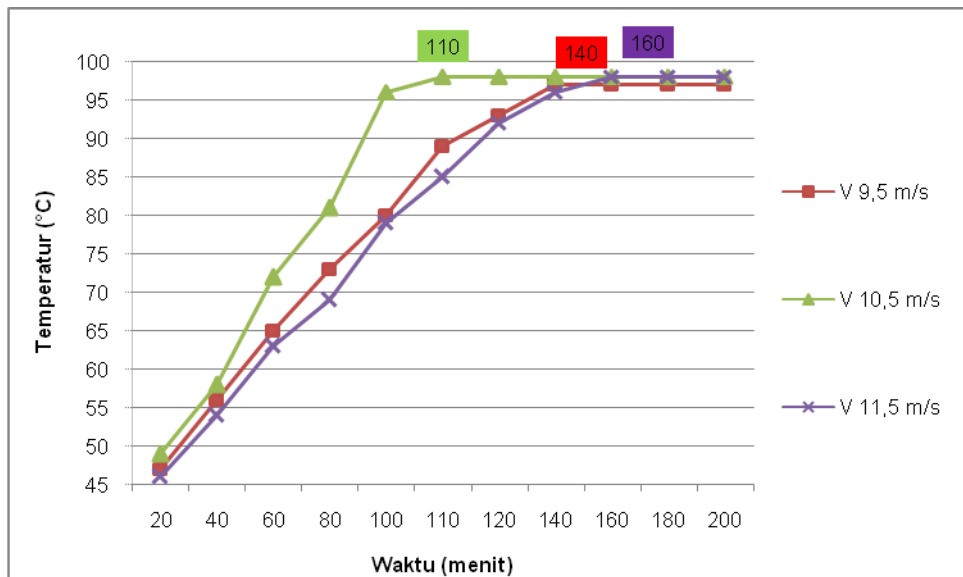
Gambar 4.3. Hubungan temperatur gas air heater terhadap waktu pembakaran

Dari gambar 4.3 dapat disimpulkan bahwa hubungan temperatur gas air heater terhadap waktu pembakaran menunjukkan peningkatan temperatur setiap menitnya pada *air heater* dengan masing-masing kecepatan udara.

Dari hasil pengujian diketahui bahwa temperatur tertinggi pada kecepatan udara 9,5 m/s adalah 303 °C, temperatur tertinggi pada kecepatan udara 10,5 m/s adalah 149 °C dan temperatur tertinggi pada kecepatan udara 11,5 m/s adalah 143 °C. Diduga kebutuhan pembakaran ada tiga yaitu bahan bakar, percikan bunga api dan oksigen atau udara

yang optimal untuk pembakaran, maka temperatur gas *air heater* tertinggi pada kecepatan 9,5 m/s.

#### Waktu Pendidihan Air



Gambar 4.4. Hubungan temperatur air terhadap waktu pembakaran

Dari gambar 4.4 dapat disimpulkan bahwa hubungan temperatur air terhadap waktu pembakaran menunjukkan adanya perbedaan waktu untuk mendidihkan air pada masing-masing percobaan. Pada percobaan dengan kecepatan udara 9,5 m/s air mendidih pada menit 140 dengan temperatur 97 °C, pada kecepatan udara 10,5 m/s air mendidih pada menit 110 dengan temperatur 98 °C dan 11,5 m/s air mendidih pada menit 160 dengan temperatur yang sama yaitu 98 °C.

Dari hasil pengujian diketahui bahwa *air heater* dengan kecepatan udara 10,5 m/s adalah yang terbaik dibandingkan dengan percobaan yang lainnya terhadap waktu pendidihan air.



## Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa data pengujian tungku pembakaran dengan penambahan *air heater* dengan 3 variasi kecepatan udara, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Temperatur tungku pembakaan tertinggi pada kecepatan udara *air heater* 10,5 m/s dengan temperatur sekitar 599 °C.
2. Temperatur gas cerobong tertinggi pada kecepatan 10,5 m/s dengan temperatur sekitar 361 °C
3. Waktu pendidihan air terbaik pada kecepatan udara *air heater* 10,5 m/s dengan waktu 110 menit.
4. Efisiensi thermal tungku tertinggi terhitung 90,01%, pada kecepatan udara 10,5 m/s.

## Saran

Setelah melakukan penelitian tentang tungku pembakaran berair heater, penulis dapat memberikan saran apabila dilakukan penambahan variasi pada tungku pembakaran :

1. Sebaiknya sebelum melakukan pengujian tentang tunggu diharap peneliti melihat langsung pada industri-industri kecil yang masih menggunakan tungku sebagai proses produksinya untuk mengetahui masalah-masalah yang ada.
2. Saat melakukan pengujian sebaiknya dilakukan dalam ruangan untuk menjaga kesetabilan temperatur lingkungan dan terhindar dari air hujan saat musim hujan.
3. Pada *air heater* disarankan untuk kecepatan udara disesuaikan dengan kebutuhan udara pada proses pembakaran agar terjadi pembakaran sempurna dengan memperbanyak variasi kecepatan udara.
4. Perhitungkan kapasitas ketel, volume ruang bakar, dan penampang *Air Heater*.

## DAFTAR PUSTAKA

- F. Nawafi,R.D. Puspita, Desna, dan Irzaman. 2010. *Optimasi Tungku Sekam Skala Industri Dengan Sistem Boiler*. Berkala fisika vol.12, No.3, Juli 2010, hal 77-84. Bogor : Fakultas MIPA IPB. Diakses 3 Januari 2013 pukul 19.40.
- Holman, J. P.1997. *Perpindahan Kalor*. Edisi keenam. Jakarta: Erlangga.
- Luthfi, Musthofa. 2010. *Perancangan Tungku Bio Massa Bahan Bakar Sampah Kering Dan Sekam Padi*. Tugas akhir S1. Bandung: Teknik Mesin ITB. Diakses tanggal 21 januari 2013 jam 22.00 wib.
- Sumarwan. 2013. : *Pengembangan Teknologi Tungku Pembakaran Menggunakan Air Heater Tanpa Siripl*. Tugas Akhir. Surakarta: Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wiyana,R.A. 2012. *Inovasi Teknologi Tungku Pembakaran Dengan Air Heaters Pipa Pararel*. Tugas Akhir. Surakarta: Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- <http://sungsandryerkorea.blogspot.com/2011/07/tungku-sekam-padi-full-indirect-heat.html> Diakses 20 Januari 2013 pukul 23.10.
- <http://digilib.itb.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jiptumm-gdl-s1-2002-yuda-5713-heater> . Diakses 22 Januari 2013 pukul 18.50.